

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-133232
 (43)Date of publication of application : 09.05.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/205
 B01J 19/08
 C23C 16/511
 H01L 21/3065
 H05H 1/46

(21)Application number : 2001-322529

(71)Applicant : GOTO NAOHISA
 OMI TADAHIRO
 TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 19.10.2001

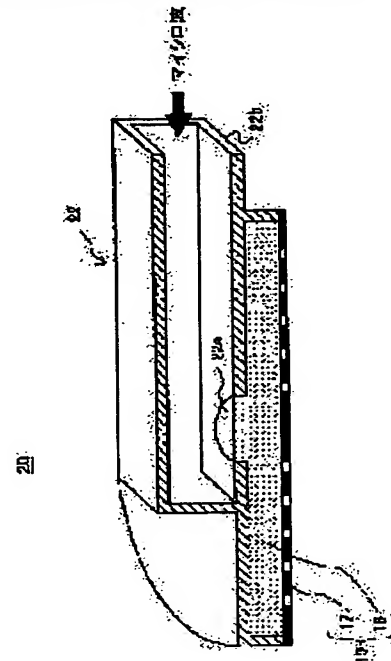
(72)Inventor : GOTO NAOHISA
 OMI TADAHIRO
 HIRAYAMA MASAKI
 GOTO TETSUYA

(54) METHOD AND DEVICE FOR MICROWAVE PLASMA TREATMENT, AND MICROWAVE POWER SUPPLY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a microwave plasma treatment device capable of efficiently supplying a microwave supplied from a microwave generator to an antenna member from a waveguide tube, a microwave plasma processing method and a microwave power supply device.

SOLUTION: The microwave generated from the microwave generator 24 is propagated by the waveguide tube 22. The waveguide tube 22 has a single microwave emission opening 22a for outputting a microwave in a tube wall 22b facing a slow wave plate 18. Wavelength of a microwave emitted from the microwave emission opening 22a is shortened by the slow wave plate 18, and is radiated into a space in a treatment container 12 by a large number of slit pairs 30 provided in the antenna member 17.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-133232

(P2003-133232A)

(43) 公開日 平成15年5月9日 (2003.5.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	4 G 0 7 5
B 0 1 J 19/08		B 0 1 J 19/08	H 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/511		C 2 3 C 16/511	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/46	B 5 F 0 4 5
H 0 5 H 1/46		H 0 1 L 21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 14 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-322529 (P2001-322529)

(22) 出願日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(71) 出願人 000166801

後藤 尚久

東京都八王子市城山手 2-8-1

(71) 出願人 000205041

大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2-1-17-301

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

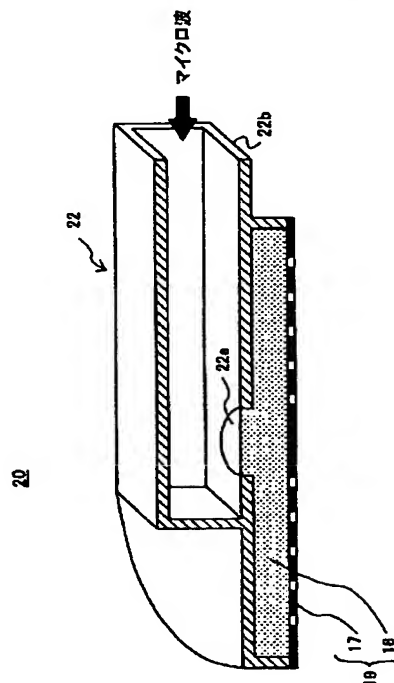
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ波プラズマ処理装置、マイクロ波プラズマ処理方法及びマイクロ波給電装置

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ波発生器から供給されるマイクロ波を、導波管からアンテナ部材に効率よく供給することができるマイクロ波プラズマ処理装置、プラズマ処理方法及びマイクロ波給電装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 マイクロ波発生器 2 4 により発生したマイクロ波を導波管 2 2 により伝播する。導波管 2 2 は、遅波板 1 8 に対向した管壁 2 2 b^uマイクロ波出力用の単一のマイクロ波放射開口 2 2 a を有する。マイクロ波放射開口 2 2 a から射出したマイクロ波を、遅波板 1 8 により波長短縮し、アンテナ部材 1 7 に設けられた多数のスリット対 3 0 により処理容器 1 2 内の空間に放射する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理基体にプラズマ処理を施すマイクロ波プラズマ処理装置であって、

該被処理基体が載置される載置台が内部に設けられた処理容器と、

マイクロ波を発生するマイクロ波発生器と、

該マイクロ波発生器により発生したマイクロ波を伝播する第 1 の導波管と、

該遅波板により波長短縮されたマイクロ波を前記処理容器内の空間に放射するマイクロ波放射部材とを有し、

前記第 1 の導波管は、前記マイクロ波放射部材の中央部分に相当する位置に、マイクロ波出力用の単一の第 1 のマイクロ波射出開口を有することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記第 1 の導波管は矩形形状の断面を有する矩形導波管であることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記矩形導波管の断面の長辺の長さは、前記矩形導波管内におけるマイクロ波波長の $1/2$ であることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 4】 請求項 2 又は 3 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記矩形導波管の前記第 1 のマイクロ波射出開口は、前記矩形導波管の断面の長辺に相当する面に形成されることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記第 1 の導波管は前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして複数の方向に延在することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記第 1 の導波管は直線状であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして対称に延在することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記第 1 の導波管と前記マイクロ波放射部材との間に第 2 の導波管が設けられ、前記第 2 の導波管の軸方向は前記第 1 の導波管の軸方向に対して垂直であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を介して前記第 1 の導波管から前記第 2 の導波管にマイクロ波が供給され、前記第 2 の導波管の底部に設けられた単一の第 2 のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材にマイクロ波が導入されることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記第 2 の導波管は円形断面を有する円形導波管であることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記円形導波管の長さは前記第 1 の導波管におけるマイクロ波波長の $n/2$ 倍 (n は整数) であり、前記円形導波管は円筒空洞共振器を形成することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 9 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記マイクロ波放射部材は、供給されるマイクロ波の波長を短縮する遅波板を含むことを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 11】 請求項 1 乃至 10 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記マイクロ波放射部材は、厚み方向に貫通した多数のスロットを有することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 12】 請求項 11 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記マイクロ波放射部材のスロットは、螺旋状又は複数の円周状に配列されたことを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 13】 請求項 12 記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、

前記マイクロ波放射部材のスロットは、T 字状に配置された 2 つのスロットよりなるスロット対を構成することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 14】 被処理基体にプラズマ処理を施すマイクロ波プラズマ処理方法であって、

該被処理基体を処理容器内の載置台に載置し、

マイクロ波発生器によりマイクロ波を発生し、

該マイクロ波発生器により発生したマイクロ波を第 1 の導波管により伝播し、

該第 1 の導波管から供給されるマイクロ波を、単一の第 1 のマイクロ波射出開口から射出し、

該第 1 の導波管から射出されたマイクロ波をマイクロ波放射部材により前記処理容器内の空間に放射し、

放射されたマイクロ波によりプラズマを生成して、前記被処理基体にプラズマ処理を施すことを特徴とするマイクロ波プラズマ処理方法。

【請求項 15】 請求項 14 記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、

前記第 1 の導波管は前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして複数の方向に延在し、前記第 1 のマイクロ波射出開口に対して同位相のマイクロ波を複数の方向から伝播することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理方法。

【請求項 16】 請求項 15 記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、

前記第 1 の導波管は直線状であり、前記第 1 のマイクロ

波射出開口を中心にして両側から同位相のマイクロ波を供給することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理方法。

【請求項 17】 請求項 14 乃至 16 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、前記第 1 の導波管と前記マイクロ波放射部材との間に第 2 の導波管が設けられ、前記第 2 の導波管の軸方向は前記第 1 の導波管の軸方向に対して垂直であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を介して前記第 1 の導波管から前記第 2 の導波管にマイクロ波を供給し、前記第 2 の導波管の底部に設けられた単一の第 2 のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材にマイクロ波を導入することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理方法。

【請求項 18】 請求項 14 乃至 17 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、前記第 2 の導波管を空洞共振器として形成し、前記第 1 のマイクロ波射出開口から供給されたマイクロ波を全て前記第 2 のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材に導入することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理方法。

【請求項 19】 マイクロ波を処理チャンバに供給するためのマイクロ波給電装置であって、マイクロ波発生器からのマイクロ波を伝播し、該マイクロ波を射出する第 1 のマイクロ波射出開口を有する第 1 の導波管と、中央部分から供給されたマイクロ波を、その供給方向とは垂直の放射方向に伝播し、多数のスロットを介して前記処理チャンバに導入するマイクロ波放射部材とを有することを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 20】 請求項 19 記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 1 の導波管は矩形状の断面を有する矩形導波管であることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項 21】 請求項 20 記載のマイクロ波給電装置であって、前記矩形導波管の断面の長辺の長さは、前記矩形導波管内におけるマイクロ波波長の $1/2$ であることを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 22】 請求項 20 又は 21 記載のマイクロ波給電装置であって、前記矩形導波管の前記第 1 のマイクロ波射出開口は、前記矩形導波管の断面の長辺に相当する面に形成されることを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 23】 請求項 19 乃至 22 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 1 の導波管は前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして複数の方向に延在することを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 24】 請求項 23 記載のマイクロ波給電装置であって、

前記第 1 の導波管は直線状であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして対称に延在することを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 25】 請求項 19 乃至 24 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 1 の導波管と前記マイクロ波放射部材との間に第 2 の導波管が設けられ、前記第 2 の導波管の軸方向は前記第 1 の導波管の軸方向に対して垂直であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を介して前記第 1 の導波管から前記第 2 の導波管にマイクロ波が供給され、前記第 2 の導波管の底部に設けられた単一の第 2 のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材にマイクロ波が導入されることを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 26】 請求項 25 記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 2 の導波管は円形断面を有する円形導波管であることを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 27】 請求項 26 記載のマイクロ波給電装置であって、

前記円形導波管の長さは前記第 1 の導波管におけるマイクロ波波長の $n/2$ 倍 (n は整数) であり、前記円形導波管は円筒空洞共振器を形成することを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 28】 請求項 19 乃至 28 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記マイクロ波放射部材は、供給されるマイクロ波の波長を短縮する遅波板を含むことを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 29】 請求項 19 乃至 28 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記マイクロ波放射部材は、厚み方向に貫通した多数のスロットを有することを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 30】 請求項 29 記載のマイクロ波給電装置であって、前記マイクロ波放射部材のスロットは、螺旋状又は複数の円周状に配列されたことを特徴とするマイクロ波給電装置。

【請求項 31】 請求項 29 記載のマイクロ波給電装置であって、

前記マイクロ波放射部材のスロットは、T 字状に配置された 2 つのスロットよりなるスロット対を構成することを特徴とするマイクロ波給電装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はプラズマ処理装置に係り、特にマイクロ波によりプラズマを発生させて半導体ウェハ等にプラズマ処理を施すマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い、半導体製品の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用されている。特に、マイクロ波を用いてプラズマを発生させるマイクロ波プラズマ処理装置は、0.1～数10mTorr程度の比較的圧力が低い高真空状態でも安定してプラズマを発生させることができる。このため、例えば2.45GHzのマイクロ波を用いたマイクロ波プラズマ処理装置が注目されている。

【0003】マイクロ波プラズマ処理装置では、一般的に、真空引き可能になされた処理容器の天井部にマイクロ波を透過する誘電体板が設けられ、誘電体板の上に円板状の平坦なアンテナ部材（マイクロ波放射部材）が取り付けられている。

【0004】また、アンテナ部材の上には、遅波板が取り付けられる。遅波板は所定の誘電率を有しており、マイクロ波発生器から供給されるマイクロ波の波長を所定の率で短縮する。アンテナ部材には多数の貫通孔（スロット）が形成されており、アンテナ部材にその中心から供給されて放射方向に伝播するマイクロ波を、スロットを介して処理容器内に導入する。遅波板によりアンテナ部材に供給するマイクロ波の波長を短縮することにより、アンテナ部材に形成するスロットを小さくでき、その結果、より多くのスロットをアンテナ部材に配置してプラズマ密度の均一性を向上させることができる。

【0005】以上のような構成のマイクロ波プラズマ処理装置において、アンテナ部材から誘電体板を介して処理容器内に導入されたマイクロ波により処理ガスのプラズマが生成され、処理容器内に載置された半導体ウェハに対してプラズマ処理が施される。

【0006】遅波板及びアンテナ部材を介して処理容器内に導入するマイクロ波は、マグネトロン等のマイクロ波発生器から供給される。マイクロ波発生器により発生したマイクロ波は、導波管を通じて遅波板あるいはアンテナ部材に供給される。導波管により伝播したマイクロ波は、遅波板あるいはアンテナ部材の中央部分に供給され、中央部分から放射方向に伝播しながら最終的に処理容器の処理空間に均一に放射されることが好ましい。このように、マイクロ波を遅波板あるいはアンテナ部材の中央部分に供給するには、一般的に同軸導波管が用いられる。すなわち、マイクロ波発生器により発生したマイクロ波は、まず、例えば矩形断面を有する導波管に供給されて遅波板あるいはアンテナ部材の中央付近まで伝播され、内導体及び外導体よりなる同軸導波管を介して遅波板あるいはアンテナ部材の中央部分に供給される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】マイクロ波を遅波板あるいはアンテナ部材の中央部分に供給する同軸導波管は、例えば内導体及び外導体よりなり、内導体は直径17mm程度の細い管である。同軸導波管を介してアンテ

ナ部材に大電力を投入する場合、同軸導波管の内導体近傍に非常に強い電界が発生し、内導体内は加熱され高温となる。すなわち、マイクロ波の一部が熱になるため、供給するマイクロ波の損失（導体損失）が増大し、電力供給効率が悪化するという問題がある。また、同軸導波管を冷却装置で覆って冷却する必要があるため、装置が大型化し装置の製造コストが上昇する。

【0008】また、内導体近傍に非常に強い電界が発生するため、内導体近傍で異常放電が発生するおそれがある。異常放電が発生すると、内導体近傍の遅波板が破損してしまうこともある。

【0009】例えば、同軸導波管の内導体は、アンテナ部材の中央に密着した状態で接続する必要があり、内導体の端面にネジ穴を形成しておき、内導体の端面がアンテナ部材に接触した状態で、遅波板を貫通したネジを内導体のネジ穴にねじ込むことにより、内導体をアンテナ部材に接続している。しかし、このようなネジ止めによる接続では、内導体の端面をアンテナ部材の表面に完全に密着することは難しく、僅かな間隙があるとその部分で異常放電が発生してしまう。

【0010】また、上述のようなネジ止め接続では、誘電体板とアンテナ部材（スロットアンテナ）との接合部分にネジ頭が存在する。このため、例えば、アンテナ部材の表面から突出したネジ頭を収容する凹部を誘電体板の中央部分に形成する必要がある。したがって、遅波板とアンテナ部材とをその中央部分で密着することが難しく、この凹部付近で異常放電が発生するという問題がある。

【0011】また、アンテナ部材又は遅波板と誘電体よりなる天板との間に、熱伝導を高めるためにヘリウム（He）ガスを封入する場合がある。この場合、同軸導波管の内導体の外周にOリングを設けて誘電体天板とのでシールを行うが、Oリングが強いマイクロ波に曝されて劣化し損傷してしまうという問題もある。

【0012】ここで、導波管とアンテナ部材との間に空洞共振器を設け、空洞共振器からマイクロ波を処理容器内に導入することが提案されている。特許第2569019号公報は、導波管に空洞共振器を設けてマイクロ波を増幅し、空洞共振器の底面に形成されたスロットから増幅したマイクロ波を処理容器内に導入する技術を開示している。この特許公報に開示された空洞共振器は、処理容器に面した底面全体からマイクロ波を放射するように、底面全体に多数のスロットが形成される。したがって、マイクロ波を中央部分から放射状に伝播してから処理容器の処理空間に対して放射するものではない。また、各スロットの長さは供給されるマイクロ波の波長に従って決められ、たとえば2.45GHzのマイクロ波を用いた場合はスロットの長さをマイクロ波の1/2波長である60mm以上とすることが好ましい。したがって、マイクロ波を中央部分から放射状に伝播し、多数の小さな

スロットから処理空間に向かって均一に放射するという効果は得られない。このように、特許第2569019号公報に開示された空洞共振器を有するマイクロ波供給機構（給電機構）は、多数の小さなスロットを介してマイクロ波を処理容器に均一に供給するアンテナ部材（スロットアンテナ）に適用することはできなかった。

【0013】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、マイクロ波発生器から供給されるマイクロ波を、導波管からアンテナ部材に効率よく供給することができるマイクロ波プラズマ処理装置、マイクロ波プラズマ処理方法及びマイクロ波給電装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために本発明では、次に述べる各手段を講じたことを特徴とするものである。

【0015】請求項1記載の発明は、被処理基体にプラズマ処理を施すマイクロ波プラズマ処理装置であって、該被処理基体が載置される載置台が内部に設けられた処理容器と、マイクロ波を発生するマイクロ波発生器と、該マイクロ波発生器により発生したマイクロ波を伝播する第1の導波管と、該遅波板により波長短縮されたマイクロ波を前記処理容器内の空間に放射するマイクロ波放射部材とを有し、前記第1の導波管は、前記マイクロ波放射部材の中央部分に相当する位置に、マイクロ波出力用の単一の第1のマイクロ波射出開口を有することを特徴とするものである。

【0016】請求項2記載の発明は、請求項1記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記第1の導波管は矩形形状の断面を有する矩形導波管であることを特徴とするものである。

【0017】請求項3記載の発明は、請求項2記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記矩形導波管の断面の長辺の長さは、前記矩形導波管内におけるマイクロ波波長の $1/2$ であることを特徴とするものである。

【0018】請求項4記載の発明は、請求項2又は3記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記矩形導波管の前記第1のマイクロ波射出開口は、前記矩形導波管の断面の長辺に相当する面に形成されることを特徴とするものである。

【0019】請求項5記載の発明は、請求項1乃至4のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記第1の導波管は前記第1のマイクロ波射出開口を中心にして複数の方向に延在することを特徴とするものである。

【0020】請求項6記載の発明は、請求項5記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記第1の導波管は直線状であり、前記第1のマイクロ波射出開口を中心にして対称に延在することを特徴とするものである。

【0021】請求項7記載の発明は、請求項1乃至6の

うちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記第1の導波管と前記マイクロ波放射部材との間に第2の導波管が設けられ、前記第2の導波管の軸方向は前記第1の導波管の軸方向に対して垂直であり、前記第1のマイクロ波射出開口を介して前記第1の導波管から前記第2の導波管にマイクロ波が供給され、前記第2の導波管の底部に設けられた単一の第2のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材にマイクロ波が導入されることを特徴とするものである。

【0022】請求項8記載の発明は、請求項7記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記第2の導波管は円形断面を有する円形導波管であることを特徴とするものである。

【0023】請求項9記載の発明は、請求項8記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記円形導波管の長さは前記第1の導波管におけるマイクロ波波長の $n/2$ 倍（ n は整数）であり、前記円形導波管は円筒空洞共振器を形成することを特徴とするものである。

【0024】請求項10記載の発明は、請求項1乃至9のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記マイクロ波放射部材は、供給されるマイクロ波の波長を短縮する遅波板を含むことを特徴とするものである。

【0025】請求項11記載の発明は、請求項1乃至10のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記マイクロ波放射部材は、厚み方向に貫通した多数のスロットを有することを特徴とするものである。

【0026】請求項12記載の発明は、請求項11記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記マイクロ波放射部材のスロットは、螺旋状又は複数の円周状に配列されたことを特徴とするものである。

【0027】請求項13記載の発明は、請求項12記載のマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記マイクロ波放射部材のスロットは、T字状に配置された2つのスロットよりなるスロット対を構成することを特徴とするものである。

【0028】請求項14記載の発明は、被処理基体にプラズマ処理を施すマイクロ波プラズマ処理方法であって、該被処理基体を処理容器内の載置台に載置し、マイクロ波発生器によりマイクロ波を発生し、該マイクロ波発生器により発生したマイクロ波を第1の導波管により伝播し、該第1の導波管から供給されるマイクロ波を、単一の第1のマイクロ波射出開口から射出し、該第1の導波管から射出されたマイクロ波をマイクロ波放射部材により前記処理容器内の空間に放射し、放射されたマイクロ波によりプラズマを生成して、前記被処理基体にプラズマ処理を施すことを特徴とするものである。

【0029】請求項15記載の発明は、請求項14記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、前記第1の導

波管は前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして複数の方向に延在し、前記第 1 のマイクロ波射出開口に対して同位相のマイクロ波を複数の方向から伝播することを特徴とするものである。

【0030】請求項 16 記載の発明は、請求項 15 記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、前記第 1 の導波管は直線状であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして両側から同位相のマイクロ波を供給することを特徴とするものである。

【0031】請求項 17 記載の発明は、請求項 14 乃至 16 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、前記第 1 の導波管と前記マイクロ波放射部材との間に第 2 の導波管が設けられ、前記第 2 の導波管の軸方向は前記第 1 の導波管の軸方向に対して垂直であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を介して前記第 1 の導波管から前記第 2 の導波管にマイクロ波を供給し、前記第 2 の導波管の底部に設けられた単一の第 2 のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材にマイクロ波を導入することを特徴とするものである。

【0032】請求項 18 記載の発明は、請求項 14 乃至 17 のうちいずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理方法であって、前記第 2 の導波管を空洞共振器として形成し、前記第 1 のマイクロ波射出開口から供給されたマイクロ波を全て前記第 2 のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材に導入することを特徴とするものである。

【0033】請求項 19 記載の発明は、マイクロ波を処理チャンバに供給するためのマイクロ波給電装置であって、マイクロ波発生器からのマイクロ波を伝播し、該マイクロ波を射出する第 1 のマイクロ波射出開口を有する第 1 の導波管と、中央部分から供給されたマイクロ波を、その供給方向とは垂直の放射方向に伝播し、多数のスロットを介して前記処理チャンバに導入するマイクロ波放射部材とを有することを特徴とするものである。

【0034】請求項 20 記載の発明は、請求項 19 記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 1 の導波管は矩形状の断面を有する矩形導波管であることを特徴とするものである。

【0035】請求項 21 記載の発明は、請求項 20 記載のマイクロ波給電装置であって、前記矩形導波管の断面の長辺の長さは、前記矩形導波管内におけるマイクロ波波長の $1/2$ であることを特徴とするものである。

【0036】請求項 22 記載の発明は、請求項 20 又は 21 記載のマイクロ波給電装置であって、前記矩形導波管の前記第 1 のマイクロ波射出開口は、前記矩形導波管の断面の長辺に相当する面に形成されることを特徴とするものである。

【0037】請求項 23 記載の発明は、請求項 19 乃至 22 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 1 の導波管は前記第 1 のマイクロ波射出開

口を中心にして複数の方向に延在することを特徴とするものである。

【0038】請求項 24 記載の発明は、請求項 23 記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 1 の導波管は直線状であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を中心にして対称に延在することを特徴とするものである。

【0039】請求項 25 記載の発明は、請求項 19 乃至 24 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 1 の導波管と前記マイクロ波放射部材との間に第 2 の導波管が設けられ、前記第 2 の導波管の軸方向は前記第 1 の導波管の軸方向に対して垂直であり、前記第 1 のマイクロ波射出開口を介して前記第 1 の導波管から前記第 2 の導波管にマイクロ波が供給され、前記第 2 の導波管の底部に設けられた単一の第 2 のマイクロ波射出開口から前記マイクロ波放射部材にマイクロ波が導入されることを特徴とするものである。

【0040】請求項 26 記載の発明は、請求項 25 記載のマイクロ波給電装置であって、前記第 2 の導波管は円形断面を有する円形導波管であることを特徴とするものである。

【0041】請求項 27 記載の発明は、請求項 26 記載のマイクロ波給電装置であって、前記円形導波管の長さは前記第 1 の導波管におけるマイクロ波波長の $n/2$ 倍 (n は整数) であり、前記円形導波管は円筒空洞共振器を形成することを特徴とするものである。

【0042】請求項 28 記載の発明は、請求項 19 乃至 28 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記マイクロ波放射部材は、供給されるマイクロ波の波長を短縮する遅波板を含むことを特徴とするものである。

【0043】請求項 29 記載の発明は、請求項 19 乃至 28 のうちいずれか一項記載のマイクロ波給電装置であって、前記マイクロ波放射部材は、厚み方向に貫通した多数のスロットを有することを特徴とするものである。

【0044】請求項 30 記載の発明は、請求項 29 記載のマイクロ波給電装置であって、前記マイクロ波放射部材のスロットは、螺旋状又は複数の円周状に配列されたことを特徴とするものである。

【0045】請求項 31 記載の発明は、請求項 29 記載のマイクロ波給電装置であって、前記マイクロ波放射部材のスロットは、T 字状に配置された 2 つのスロットよりなるスロット対を構成することを特徴とするものである。

【0046】上述の発明によれば、第 1 の導波管に設けられた単一の第 1 のマイクロ波放射開口を介してマイクロ波がマイクロ波放射部材の中央部分から供給されたため、マイクロ波放射部材の中央部分からマイクロ波を放射状に伝播することができる。したがって、マイクロ波放射部材に形成された多数のスロットにより効率的にマイクロ波を処理容器に均一に放射することができ、均一

なプラズマを生成することができる。したがって、上述の発明によれば、同軸導波管を用いなくてマイクロ波放射部材にマイクロ波を供給することができるため、同軸導波管の内導体における電力損失がなく、電力供給効率を向上することができる。また、マイクロ波が集中する可能性のある部分が少なくなり、給電部分において不要な放電が起こり難く、大きな電力をマイクロ波放射部材に供給することができる。さらに、同軸導波管の内導体を接続するためのネジ接続部が不要となるため、マイクロ波放射部材の形状が簡素化され、容易に製造することができる。さらに、マイクロ波放射部材の形状が簡素化されることにより、導電ガスとしてヘリウム等を封入する機構を容易に構成することができる。

【0047】また、第1の導波管とマイクロ波放射部材との間に第2の導波管を設けて空洞共振器を構成した場合、空洞共振器に供給されるマイクロ波の反射が防止されマイクロ波のほとんど全てが第2のマイクロ波射出開口からマイクロ波放射部材に導入される。したがって、同軸導波管による電力供給のように接続部において放電が発生するおそれがなく、また発熱による電力損失を伴わずに、効率的に大電力を供給することができる。

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面と共に説明する。図1は本発明の第1実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

【0048】本発明の第1実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置は、図1に示すように、処理容器12内において半導体ウェハWにプラズマCVD処理を施すプラズマCVD装置10である。なお、本発明はプラズマCVD処理に限ることなく、プラズマアッシング、プラズマエッチング、プラズマ酸化・酸窒化・窒化等のプラズマ処理を行う装置にも適用することができる。

【0049】被処理基体である半導体ウェハWは、処理容器12内の載置台14上に載置される。処理容器12には、ガス源（図示せず）から供給管16を通じてプラズマ処理用ガスが供給される。一方、処理容器12の底部には真空ポンプ（図示せず）に接続された排気口12aが設けられ、処理容器内を所定の真空圧力に維持するように構成されている。

【0050】次に、図1に加えて図2も参照しながら、処理容器12にマイクロ波を導入するためのマイクロ波給電装置の構成について説明する。図2は図1に示すプラズマCVD装置10において処理容器12にマイクロ波を導入する部分であるマイクロ波給電装置20を示す断面斜視図である。

【0051】処理容器12の天井部は開口されており、マイクロ波放射部材としてのアンテナ部材（スロット板）17と遅波板18とよりなるマイクロ波放射部材19が誘電体板15を介して開口に気密に取り付けられる。遅波板18は、アンテナ部材17に供給するマイク

ロ波の波長を短縮する部材であり、アンテナ部材17に形成されるスロットの長さ及び間隔を減少するために設けられる。

【0052】遅波板18の上には、矩形状の断面を有する矩形導波管（第1の導波管）22が設けられる。矩形導波管22の一端には、マグネトロン等よりなるマイクロ波発生器24が設けられる。マイクロ波発生器24により発生した、例えば2.45GHzのマイクロ波は、矩形導波管22内を伝播し、導矩形波管22の他端側に形成されたマイクロ波射出開口22aからマイクロ波放射部材19に供給される。本実施例において、マイクロ波射出開口22aは、矩形導波管22の断面の長辺に相当する管壁22bに設けられた円形の開口であり、その下に位置するアンテナ部材18の中央に相当する位置に配置される。

【0053】図3はアンテナ部材17の一例を示す平面図である。図3に示すアンテナ部材17には、スロット30Aと30Bとよりなる多数のスロット対30が形成されている。図3に示す例では、スロット対30は複数の同心円に沿って配列されているが、螺旋状に配置したり、非同円状に配置することとしてもよい。

【0054】図4は図3に示すスロット対の構成を示す図である。スロット30A及び30Bの各々は、中央部が膨らんだ細長い楕円形状である。スロット30Bの長手方向はスロット30Aの長手方向と90度の角度をなし、スロット30Bの一端がスロット30Aの中央に近接してT字状となるように配置される。スロット30Bの中央とアンテナ部材17の中心Oとを結ぶ線は、スロット30Bの長手方向に対して45度の角度をなす。また、スロット30Aの中央からアンテナ部材17の中心Oまでの距離L_Aと、スロット30Bの中央からアンテナ部材17の中心Oまでの距離L_Bとの差（L_A-L_B）は、遅波板20により短縮されたマイクロ波の波長の四分の一である（（L_A-L_B）=λ/4）。

【0055】以上のような構成のスロット対30を有するアンテナ部材17に対して、その中央からマイクロ波が放射状に伝播すると、スロット対30により円偏波の電界が生じ、マイクロ波は効率よく処理容器12の処理空間に向かって均一に放射される。

【0056】なお、アンテナ部材17に形成するスロットは、必ずしもスロット対を構成する必要はない。また、スロットの各々は細長い楕円形状に限ることなく、例えば円形、三角形、正方形、長方形、あるいはその他の多角形であってもよい。ただし、多角形の場合は角部に滑らかな丸みを持たせることにより、電界の集中を防止して異常放電を防止することが好ましい。

【0057】上述のようにマイクロ波を放射状に伝播するアンテナ部材17において、マイクロ波は、図5に示すように、ラジアル線路内で同心円状の磁界分布を有するTEMモードに従って伝播する。したがって、矩形導

波管 22 からアンテナ部材 17 (遅波板 18) に供給するマイクロ波の磁界分布をなるべく同心円状の磁界分布とすることが好ましい。

【0058】そこで、本実施例では、矩形導波管 22 内を伝播するマイクロ波の磁界がなるべく円形に近い磁界分布となるように矩形導波管 22 の各寸法を調整している。

【0059】図 6 は、矩形導波管 22 におけるマイクロ波の伝播モードを示す図である。図 6 (a) は矩形導波管 22 のマイクロ波の進行方向に垂直な断面における電気力線を示し、図 6 (b) は矩形導波管 22 のマイクロ波の進行方向に平行な断面における電気力線を示す。また、図 6 (c) は電気力線に垂直な面内に発生する磁力線を示す。なお、図 6 (a) に示す断面において、長辺の長さを a とし、短辺の長さを b とする。

【0060】図 6 に示す矩形導波管におけるマイクロ波の伝播モードは TE10 モードであり、図 6 (c) に示すように、矩形導波管の断面の長辺 a と管内波長 λ_g の $1/2$ の寸法で画成される領域内で形成される磁界がマイクロ波の進行方向 (x 方向) に進むこととなる。図 6 (c) に示す磁界分布を、図 5 に示す磁界分布に近似させるには、図 7 に示すように、 $\lambda_g/2$ を長辺 a に等しくして (すなわち $\lambda_g = 2a$ とする) 正方形の領域に磁界を形成すればよいことがわかる。

【0061】管内波長 λ_g は、自由空間内のマイクロ波の波長を λ とすると、

$$\lambda_g = \lambda / [1 - (\lambda/2a)^2]^{1/2}$$

で表すことができる。したがって、この式に $\lambda_g = 2a$ を代入して最適な長辺 a の長さを求めることができる。このようにして、波長 2.45 GHz のマイクロ波に対する最適な長辺 a の長さを計算すると $a = 86.6$ mm となる。

【0062】図 8 は矩形導波管 22 とマイクロ波射出開口 22a の各寸法の最適値を計算した結果を示す図である。導波管 22 の断面の長辺 a は上述のように 86.6 mm とし、短辺 b は 40 mm とした。また、マイクロ波射出開口 22a の直径 D を 64 mm とした。

【0063】遅波板 18 と導波管 22 の内部との距離 h は 6 mm とし、遅波板 18 の一部はマイクロ波射出開口 22a 内に突出するものとし、遅波板 18 の直径は 180 mm、厚みは 4 mm とした。なお、遅波板 18 の直径は 180 mm 以上であっても、以下に示す結果は変わらない。また、遅波板 18 の誘電率 ϵ_r は 10.1 とした。ここで、マイクロ波射出開口 22a の中心から矩形導波管 22 の端部からの距離 l を変化させてマイクロ波射出開口 22a から投入されるマイクロ波の反射特性について調査した。

【0064】図 9 は距離 l を変化させた場合のマイクロ波の反射率をシミュレーションした結果を示すグラフである。図 9 のグラフから、マイクロ波の周波数が 2.4

5 GHz の場合には、距離 l が 49 mm のときに反射率が最小となることが分かる。

【0065】以上の如く、マイクロ波の周波数を 2.45 GHz とした場合の導波管 22 の各部の寸法は、断面の長辺 a が 86.6 mm、短辺 b が 40 mm、マイクロ波放射開口 22a の直径 D が 64 mm、マイクロ波放射開口 22a の厚さ (長さ) h が 6 mm のときには、給電部の反射率は -20 dB 以下であり、給電部におけるマイクロ波の反射は 1% 以内に抑えることができる。したがって、効率的にマイクロ波を矩形導波管 22 からマイクロ波放射部材 19 に効率的に導入することができる。

【0066】以上のような構成のプラズマ CVD 装置 10 において、マイクロ波発生器 24 により発生したマイクロ波は、導波管 22 内を伝播し、マイクロ波射出開口 22a を介して遅波板 18 に導入される。遅波板 18 の中央部分に導入されたマイクロ波は、遅波板 18 により波長が短縮されながら、放射方向に伝播し、アンテナ部材 17 に設けられた多数のスロット対 30 により処理容器 12 内の処理空間に向けて放射される。したがって、処理空間において均一なプラズマが生成され、半導体ウェハ W に均一なプラズマ処理を施すことができる。

【0067】以上のように、本実施例によるプラズマ CVD 装置 10 では、同軸導波管を用いなく、矩形導波管 22 から直接マイクロ波射出開口 22a を介してマイクロ波放射部材 19 に大電力を投入することができる。したがって、同軸導波管の内導体によるマイクロ波の損失 (導体損失) が無く、電力供給効率が悪化することは無い。したがって、装置を大型化することなく、装置の製造コストを低減することができる。

【0068】また、同軸導波管の内導体が不要なため、内導体近傍で異常放電が発生するおそれがある異常放電を防止することができる。したがって、例えば遅波板を介してアンテナ部材にマイクロ波を供給していた場合、異常放電の衝撃による遅波板の破損を防止することができる。

【0069】また、同軸導波管の内導体を接続するためのネジ接続が不要なため、ネジ接続に伴う構造が不要となり、内導体とアンテナ部材との間に生じる間隙を排除することができる。したがって、このような間隙で生じる異常放電を防止することができる。

【0070】また、従来の同軸導波管を用いた場合、上述のようなネジ止め接続では、遅波板とアンテナ部材 (スロットアンテナ) との接合部分にネジ頭を収容する凹部をアンテナ部材の中央部分に形成する必要はなくなる。したがって、遅波板とアンテナ部材とを全面にわたって密着することができ、遅波板とアンテナ部材との間で異常放電が発生するという問題が解消される。

【0071】さらに、アンテナ部材又は遅波板と誘電体よりなる天板との間に、熱伝導を高めるためにヘリウム (He) ガスを封入する場合がある。この場合、本実施

例では同軸導波管を用いないので、同軸導波管を用いた場合のように内導体の外周にリングを設けてシールを行う必要はなく、マイクロ波によるリングの劣化といった問題が発生することはない。

【0072】次に、本発明の第2実施例について説明する。本発明の第2実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置は、図1に示すプラズマCVD装置と基本構造は同じであり、マイクロ波給電装置のみ異なるため、ここでは、マイクロ波給電装置についてのみ説明する。

【0073】まず、上述の第1実施例によるプラズマCVD装置のマイクロ波給電装置20によりマイクロ波放射部材に導入されるマイクロ波の対称性について説明する。

【0074】マイクロ波給電装置20では、マイクロ波射出開口22aの片側から伝播してきたマイクロ波は、マイクロ波射出開口22aにおいてその伝播方向が垂直方向に変えられ、遅波板18に向けて射出される。この際、マイクロ波射出開口22aにおいて、マイクロ波が伝播してくる方向の電界強度が、反対側における電界強度より高くなり、マイクロ波のパワーが偏って不均一になる。

【0075】図10はマイクロ波射出開口22aの円周方向の電界強度分布を示すグラフであり、縦軸は電界強度を表し、横軸は方位角を表す。図10のグラフにおいて、図8(a)に示すように、方位角0.5 π におけるマイクロ波射出開口22aの端部(入射側)がマイクロ波の進行方向に一致し、マイクロ波発生器24に一番近い位置となる。また、方位角1.5 π におけるマイクロ波射出開口22aの端部(終端側)がマイクロ波の進行方向に一致し、マイクロ波発生器24から一番遠い位置となる。図10から分かるように、方位角0.5 π におけるマイクロ波射出開口22aの入射側端部付近において電界強度は大きくなり、一方、方位角1.5 π におけるマイクロ波射出開口22aの終端側端部付近において電界強度が小さくなる。

【0076】このようにマイクロ波射出開口22aにおける電界強度に偏り(非対称性)が発生すると、アンテナ部材17中を放射方向に伝播するマイクロ波も同様に強度に偏りが発生し、処理チャンバに向けて放射するマイクロ波の強度が一様ではなくなってしまう。

【0077】そこで、本実施例では、このようなマイクロ波の非対称性を解消するために、矩形導波管の形状をマイクロ波射出開口に関して対称として、マイクロ波射出開口の両側からマイクロ波を供給することとしたものである。

【0078】図11は本発明の第2実施例によるプラズマCVD装置におけるマイクロ波給電装置40を示す断面斜視図である。図11に示すように、マイクロ波給電装置40における矩形導波管42は、その管壁42bに単一のマイクロ波射出開口42aが形成されており、マ

イクロ波射出開口42aからマイクロ波放射部材19に対してマイクロ波が射出される。矩形導波管42は、マイクロ波射出開口42aの両側に延在しており、マイクロ波射出開口42aに関して対称な形状となっている。

【0079】以上のような構成のマイクロ波給電装置40において、矩形導波管42の両端からマイクロ波を伝播して、マイクロ波射出開口42aから射出する。すなわち、マイクロ波は、マイクロ波射出開口42aの両側から伝播してマイクロ波射出開口42aに到達する。この際、マイクロ波射出開口42aの位置において両側から伝播してくるマイクロ波の位相が同一となるように伝播するマイクロ波の位相を制御する。例えば、同一のマイクロ波発生装置から射出されるマイクロ波を分岐管で分岐し、左右対称な経路を通してマイクロ波射出開口42aに到達するように導波管を構成すれば、同位相のマイクロ波を左右両側からマイクロ波射出開口42aに供給することができる。

【0080】したがって、図11において、右側から伝播してきたマイクロ波のマイクロ波射出開口42aにおける入射側の電界強度と、左側から伝播してきたマイクロ波のマイクロ波射出開口42aにおける終端側の電界強度とは相殺され、同様に右側から伝播してきたマイクロ波のマイクロ波射出開口42aにおける終端側の電界強度と、左側から伝播してきたマイクロ波のマイクロ波射出開口42aにおける入射側の電界強度とは相殺される。これにより、マイクロ波射出開口42aから射出されるマイクロ波の電界強度は方位角に依存せずに均一となり、対称な電界のマイクロ波をマイクロ波放射部材19に対して射出することができる。

【0081】上述の実施例では、マイクロ波射出開口42aの左右2方向に対して直線的に矩形導波管42が延在する構成であるが、マイクロ波射出開口42aを中心として互いに垂直な4方向に延在するような十字型の矩形導波管とすることもできる。また、マイクロ波射出開口42aに関して複数の方向からマイクロ波を供給することにより、意識的にマイクロ波の強度分布を変化させることもできる。

【0082】また、本実施例ではマイクロ波射出開口に対してマイクロ波を複数の方向から供給することにより、マイクロ波射出開口から射出されるマイクロ波の電界の非対称性を補正することとしたが、上述の第1実施例におけるマイクロ波給電装置20のように一方からのみマイクロ波を供給した場合、マイクロ波射出開口を円形ではなく、例えば楕円形や卵型の楕円形とすることにより、マイクロ波の偏りを無くすることができる。

【0083】次に、本発明の第3実施例について説明する。本発明の第3実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置は、図1に示すプラズマCVD装置と基本構造は同じであり、マイクロ波給電装置のみ異なるため、ここでは、マイクロ波給電装置についてのみ説明する。

【0084】上述の第2実施例においては、マイクロ波を左右2方向から供給してマイクロ波の強度分布の偏りを防止しているが、本実施例においては、矩形導波管（第1の導波管）とマイクロ波放射部材との間に断面円形の円形導波管（第2の導波管）を設けることにより、電界強度分布に偏りのないマイクロ波をマイクロ波放射部材に供給する。

【0085】図12は本発明の第3実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置におけるマイクロ波給電装置50を示す断面斜視図である。

【0086】図12に示すように、本実施例によるマイクロ波給電装置50は、矩形導波管52とマイクロ波放射部材19との間に円形導波管54が設けられている。矩形導波管52の間壁52には、マイクロ波射出開口（第1のマイクロ波射出開口）52aが形成されており、矩形導波管52内を伝播してきたマイクロ波は、マイクロ波射出開口52aを介して円形導波管54に導入される。そして、マイクロ波は円形導波管の底部54bに形成されたマイクロ波射出開口（第2のマイクロ波射出開口）54aからマイクロ波放射部材19へと射出される。このように、本実施例では、矩形導波管52の軸方向（マイクロ波の進行方向）と円形導波管54の軸方向（マイクロ波の進行方向）は垂直である。

【0087】ここで、円形導波管内におけるマイクロ波の伝播モードは、図13に示すように矩形導波管内の磁力線の形に近いTM01モードである。すなわち、図13(a)における磁気力線は同心円状であり、図5に示すマイクロ波放射部材19におけるマイクロ波の伝播モードであるTEMモードに近く、円形導波管の円形断面内で一様な分布となっている。したがって、円形導波管54から円形のマイクロ波射出開口54aを介してマイクロ波放射部材19へとマイクロ波を供給すれば、一様な電界分布でマイクロ波を供給することができ、マイクロ波放射部材19からマイクロ波を均一に処理チャンバに放射することができる。

【0088】ここで、円形導波管54の長さ、すなわち、矩形導波管52のマイクロ波射出開口52aの出口からマイクロ波射出開口54aまでの距離を、管内波長 λ_g の $n/2$ 倍とすることにより、円形導波管54は空洞共振器として作用する。プラズマ処理装置の寸法や伝播損失を考慮すると、矩形導波管52のマイクロ波射出開口52aの出口からマイクロ波射出開口54aまでの距離は、管内波長 λ_g の $1/2$ 倍とすることが好ましい。この場合、円形導波管54からの反射を低減することができるので、効率的にマイクロ波をアンテナ部材19に供給することができる。

【0089】図14は円形導波管54を空洞共振器とした場合の、図12に示すマイクロ波給電装置50の各部の最適寸法を計算した結果を示す図である。図14

(a)は矩形導波管52の平面図であり、図14(b)

はマイクロ波給電装置50の側面図である。

【0090】本実施例では、矩形導波管52の矩形断面の長辺の寸法は、上述の第1実施例と同様に86.6mmとし、短辺の寸法は25mmとした。また、矩形導波管52のマイクロ波射出開口52aの直径D0は84mmとした。また、本実施例における遅波板18の寸法は、上述の第1実施例における遅波板18の寸法と同様に、厚みを4mmとし、外形を180mmとした。なお、外形を180mm以上にしても以下に示す結果は変わらない。さらに、円形導波管54と遅波板18との接続部分の寸法は、上述の第1実施例における矩形導波管22と遅波板18との接続部分の寸法と同じように設定した。すなわち、円形導波管54のマイクロ波射出開口54aの直径D1は64mm、マイクロ波射出開口54aの高さ（長さ）h1は6mmとした。

【0091】以上の寸法に基づいて計算した結果、円形導波管54の直径を150mmとし、円形導波管の長さを78.4mmとし、矩形導波管52のマイクロ波射出開口52aの中心から矩形導波管52の端面までの距離lを57mmとすることにより低反射率で効率のよいマイクロ波給電を達成することができた。

【0092】図15は本実施例によるマイクロ波給電装置の各寸法を上述の寸法に設定して、マイクロ波の電界分布を計算した結果を示すグラフである。図15のグラフから、マイクロ波の電界強度はどの方位でも略一様になっていることがわかる。

【0093】したがって、本実施例によるマイクロ波給電装置によれば、一様な電界強度のマイクロ波をマイクロ波放射部材19に供給することができ、その結果一様な強度のマイクロ波を処理容器12に放射することができる。これにより、処理容器内のウェハWの全面に渡って一様なプラズマ処理を施すことができ、高品質のプラズマ処理を達成することができる。

【0094】また、マイクロ波放射部材19に対して同軸導波管を用いずにマイクロ波を供給することができるため、上述の第1及び第2実施例と同様に電力損失の少ない効率的なマイクロ波の供給を達成することができる。

【0095】なお、図12に示す矩形導波管52の内部には、仕切り板56が設けられている。仕切り板56は、マイクロ波射出開口52aから戻ってきた反射波を再度マイクロ波射出開口52aにもどすために設けられるものである。

【0096】また、矩形導波管から円形導波管にマイクロ波を導入するための変換器あるいはそのような構造は、周知のものを用いることができ、上述の実施例の構造に限定されるものではない。

【発明の効果】上述の如く本発明によれば、同軸導波管を用いずにマイクロ波放射部材にマイクロ波を供給することができる。このため、同軸導波管の内導体におけ

10

20

30

40

50

る電力損失がなく、電力供給効率を向上することができる。また、マイクロ波が集中する可能性のある部分が少なくなり、給電部分において不要な放電が起こり難く、大きな電力をマイクロ波放射部材に供給することができる。さらに、同軸導波管の内導体を接続するためのネジ接続部が不要となるため、マイクロ波放射部材の形状が簡素化され、容易に製造することができる。さらに、マイクロ波放射部材の形状が簡素化されることにより、導電ガスとしてヘリウム等を封入する機構を容易に構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示すマイクロ波プラズマ処理装置において処理容器にマイクロ波を導入する部分であるマイクロ波給電装置を示す断面斜視図である。

【図 3】図 3 は図 2 に示すアンテナ部材の一例を示す平面図である。

【図 4】図 3 に示すスロット対の構成を示す図である。

【図 5】マイクロ波放射部材におけるマイクロ波の伝播モードを示す図である。

【図 6】矩形導波管におけるマイクロ波の伝播モードを示す図である。

【図 7】矩形導波管内を伝播するマイクロ波による磁界を示す図である。

【図 8】矩形導波管とマイクロ波射出開口の各部の最適寸法を計算した結果を示す図である。

【図 9】マイクロ波射出開口におけるマイクロ波の反射率をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図 10】マイクロ波射出開口の円周方向の電界強度分布を示すグラフである。

【図 11】本発明の第 2 実施例によるマイクロ波プラズ

マ処理装置におけるマイクロ波給電装置を示す断面斜視図である。

【図 12】本発明の第 3 実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置におけるマイクロ波給電装置を示す断面斜視図である。

【図 13】円形導波管におけるマイクロ波の伝播モードを説明するための図である。

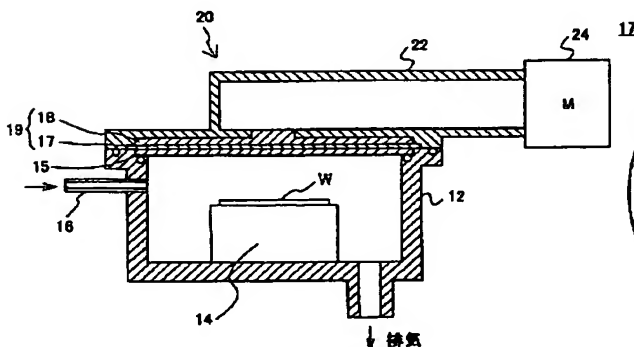
【図 14】円形導波管を空洞共振器とした場合の、図 12 に示すマイクロ波給電装置の各部の最適寸法を計算した結果を示す図である。

【図 15】本発明の第 3 実施例におけるマイクロ波放射開口の円周方向の電界強度分布を示すグラフである。

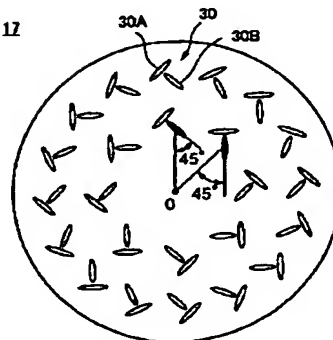
【符号の説明】

- 10 プラズマ CVD 装置
- 12 処理容器
- 12a 排気口
- 14 載置台
- 15 誘電体板
- 16 供給管
- 17 アンテナ部材
- 18 遅波板
- 19 マイクロ波放射部材
- 20, 40, 50 マイクロ波給電装置
- 22, 42, 52 矩形導波管
- 22a, 42a, 52a, 54a マイクロ波射出開口
- 22b, 42b, 52b 管壁
- 24 マイクロ波発生器
- 30 スロット対
- 30A, 30B スロット
- 54 円形導波管
- 54a 底部
- 56 仕切り板

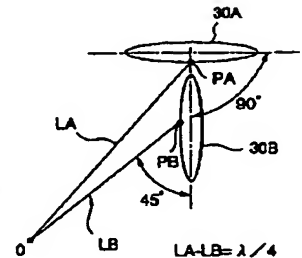
【図 1】



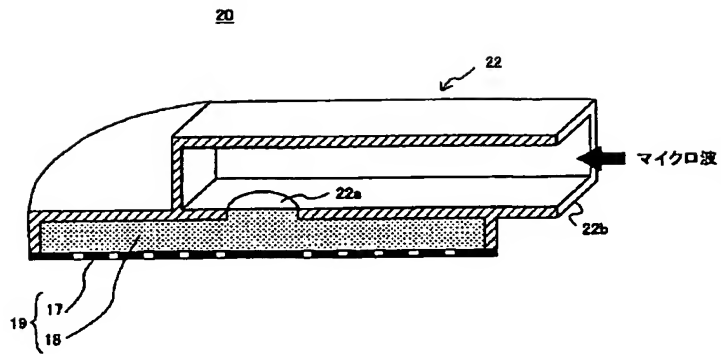
【図 3】



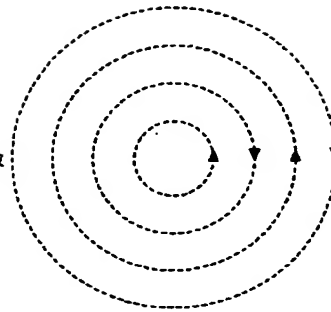
【図 4】



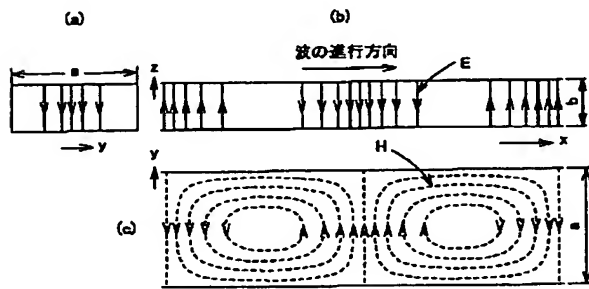
【図2】



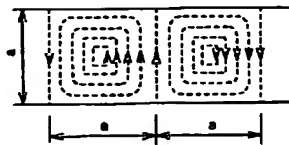
【図5】



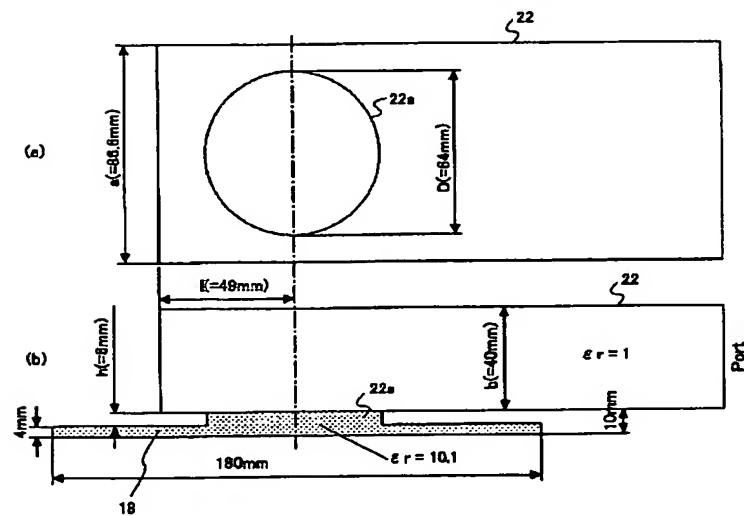
【図6】



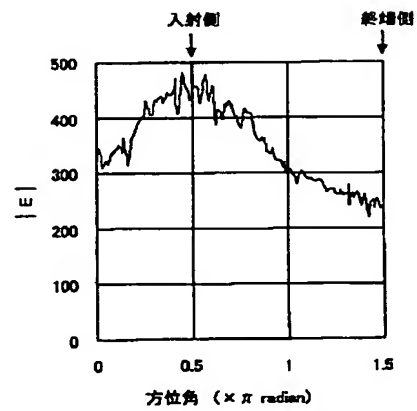
【図7】



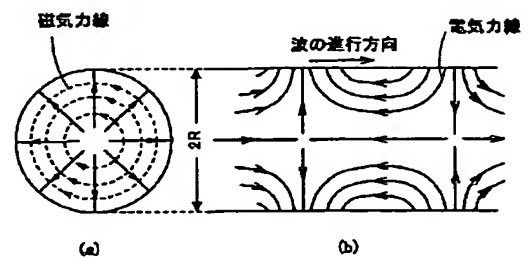
【図8】



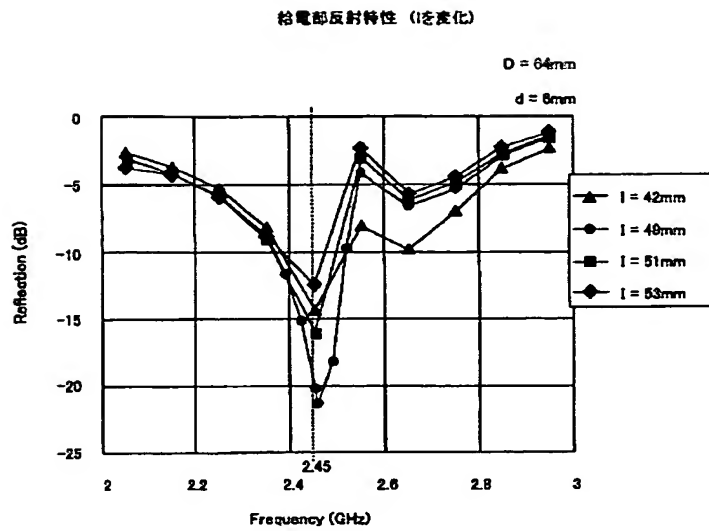
【図10】



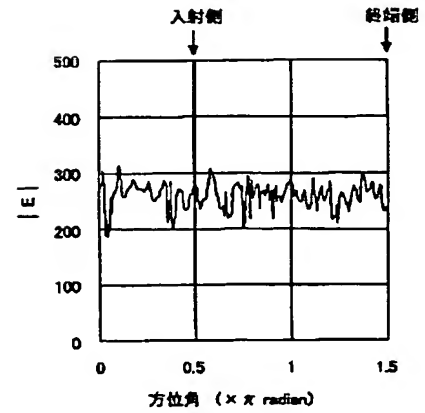
【図13】

円形導波管
TM01モード

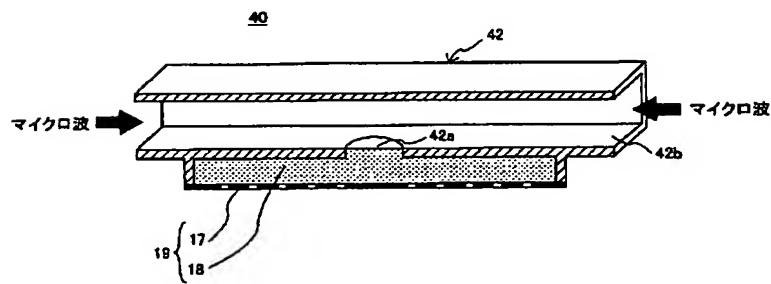
【図9】



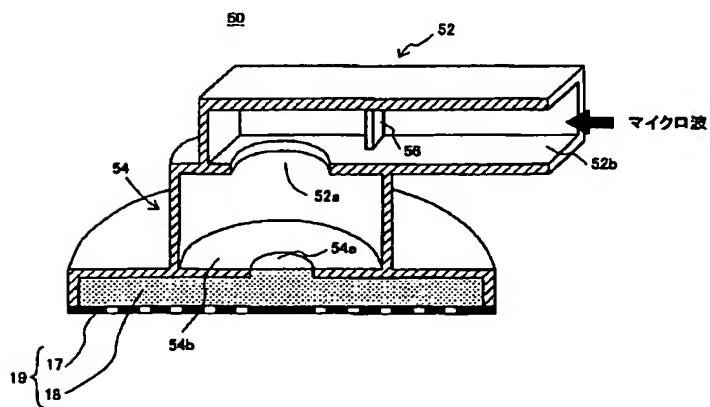
【図15】



【図11】



【図12】



(72) 発明者 後藤 尚久
東京都八王子市城山手 2-8-1

(72) 発明者 大見 忠弘
宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2-1-17-301

(72) 発明者 平山 昌樹
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻内

(72)発明者 後藤 哲也
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大
学大学院工学研究科電子工学専攻内
Fターム(参考) 4G075 AA24 AA30 AA62 BA05 BB02
BC01 BC04 BC06 CA26 CA47
EB21
4K030 CA04 FA01 JA01 JA18 KA30
KA41
5F004 AA01 BA20 BB14 BD01
5F045 AA08 DP04 EH03 EH11